

Mortandad de vertebrados por atropellos en carreteras en Tambogrande, Piura, Perú

Vertebrates road-killed in Tambogrande, Piura, Peru

TRABAJOS ORIGINALES

Presentado: 06/10/2019
Aceptado: 15/11/2019
Publicado online: 25/05/2020
Editor:

Autores

Fabian Yesquen Sernaque *¹
fabyesbio@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2872-058X>

Armando Fortunato Ugaz Cherre ¹
augazc@unp.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-2808-1271>

César Lautaro Chávez-Villavicencio ²
cchavez@ucn.cl
<https://orcid.org/0000-0003-2185-8308>

Correspondencia

*Corresponding author

1 Universidad Nacional de Piura
2 Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Coquimbo, Chile.

Citación

Yesquen Sernaque F, Ugaz Cherre AF, Chávez-Villavicencio CL. 2020. Mortandad de vertebrados por atropellos en carreteras en Tambogrande, Piura, Perú. *Revista peruana de biología* 27(2): 131 - 138 (Mayo 2020). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16827>

Resumen

Entre los impactos negativos sobre la biodiversidad que causan las obras viales, como las carreteras, se tiene la mortandad de fauna por atropello. En el presente estudio se determina la mortandad de anfibios, reptiles, aves y mamíferos por atropello, en tres carreteras que confluyen en el distrito de Tambogrande (Piura en el norte de Perú) y establecer los sitios de mayor incidencia. Los datos se colectaron entre enero y junio de 2018 en 24 recorridos una vez por semana entre las 7:00 y 14:00 horas. Los recorridos se realizaron sobre una moto lineal a 25 km/h, los datos registrados fueron coordenadas geográficas del punto de atropello principalmente. La mortandad de vertebrados en los transectos se analizó usando el Índice Kilométrico de Abundancia. Los sitios de alta incidencia de atropellos se determinaron con un análisis de densidad de Kernel. Se hallaron 437 animales atropellados pertenecientes a 29 especies. Los animales atropellados más abundantes fueron los mamíferos seguidos de aves, reptiles y anfibios. El IKA promedio fue de 0.2 (IC 95% 0.1 – 0.3) N° de atropellos/Km. Se presentaron 24 puntos de alta incidencia en el área de estudio cercanos entre sí. Utilizando la información de este trabajo se sugiere construir ocho pasos de fauna para vertebrados según estándares internacionales y complementados con señalética adecuada.

Abstract

Among the negative impacts on biodiversity caused by road works, such as road and highways, are the killed caused by collisions with vehicles. In this study, the mortality of amphibians, reptiles, birds and mammals by collision with vehicles is determined, on three roads that converge in the Tambogrande district (Piura in northern Peru), and the places with the highest incidence are established. Observations were between January and June of 2018 with a frequency of 24 trips once a week between the hours of 7.00 and 14.00. The trips were taken on a motorcycle at 25 km/h. Geographical coordinates of the point of collisions were recorded. The vertebrates mortality in transects lines was analyzed using the Kilometric Abundance Index (KAI). High incidence places were determined with a Kernel Density Analysis. 437 animals were found dead corresponding to 29 species. The animal group most affected was mammals followed by birds, reptiles and amphibians in that order. The mean KAI was 0.2 (95% CI 0.1 – 0.3) N° of incidences/km. We determinate 24 points of high incidence, they were close to each other. Based in our results, we propose to build eight animal crossing structures for vertebrates complemented with appropriate transit signals.

Palabras clave:

Atropello de fauna; Ecología de carreteras; Mortandad de fauna; Pasos de fauna; biodiversidad; impacto urbano; carreteras.

Keywords:

Wildlife-vehicle collisions; Road ecology; Fauna mortality; Crossing structures; biodiversity; urban impact; roads.

Introducción

Normalmente, las obras viales como la construcción de carreteras, representan un beneficio social y económico para las comunidades, mejoran la calidad de vida de los habitantes y es importante para el desarrollo (Arroyave et al. 2006, Andrews et al. 2015). Sin embargo, las carreteras también causan un impacto negativo sobre el entorno en el que se construyen, identificar y evaluar esos impactos es importante porque permite diseñar estrategias para evitar, mitigar y compensar el daño (Spellerberg 1998, Arroyave et al. 2006, Benítez-López et al. 2010). Entre los impactos generados por las carreteras destacan la destrucción de flora, perturbación de fauna, modificación y alteración del ambiente físico y químico en el entorno inmediato, modificación del comportamiento de las especies, facilitación del proceso de dispersión de especies autóctonas y exóticas, aceleración de cambios en el uso de la tierra por los seres humanos, pérdida de conectividad entre ecosistemas por la fragmentación, el efecto barrera y la mortandad por atropello (Gottdenker et al. 2001, Arroyave et al. 2006, Benítez-López et al. 2010, Arévalo y Newhard 2011, Puc et al. 2013).

En España, Canadá, Estados Unidos, México, Costa Rica, Chile y otros países, los atropellos de fauna son una amenaza cada vez mayor, porque significa la disminución considerable de las poblaciones de algunas especies (Gottdenker et al. 2001, Arroyave et al. 2006, Delgado 2007a y 2014b, Benítez-López et al. 2010, Arévalo y Newhard 2011). En España, mueren al menos 10 millones de animales cada año, en Finlandia, disminuyó la densidad de la población de aves terrestres, en Canadá se observó una reducción significativa de la "tortuga mordedora" (*Chelydra serpentina*) por la alta mortandad por atropellos (Rosell et al. 2002). Se estima que en las carreteras de Inglaterra mueren 100 mil zorros atropellados cada año (Gottdenker et al. 2001). Perú, un país con una extensa red vial que supera los 25000 km (MTC 2017a), no se presentan reportes (en la literatura científica) relacionados con la mortandad de vertebrados por atropellos (lo que no significa que no suceda), situación que conlleva al desconocimiento de la pérdida de fauna en las carreteras del Perú.

El desconocimiento de la mortandad de fauna en carreteras peruanas, sumado a observaciones previas de vertebrados atropellados en carreteras de la Región Piura, llevó a plantear como objetivos, determinar la mortandad de anfibios, reptiles, aves y mamíferos por atropello en tres carreteras que confluyen en el distrito de Tambogrande (Piura, Perú) y establecer los sitios de mayor incidencia.

Material y métodos

El estudio se realizó en el distrito de Tambogrande, Piura. En el centro de este distrito confluyen tres carreteras, PE-1NL, PE-1NR y PE-1NU (MTC 2017a), sobre las cuales se ubicaron cuatro transectos (Fig. 1). Los dos primeros transectos se ubicaron sobre la carretera PE-1NL, uno entre el sector La Tranquera (4°55'1"S y 80°41'48"W) y el cruce a la ciudad de Tambogrande (4°54'49"S y 80°20'9"W), con una longitud de 44 km, al cual se le denominó carretera

Tambogrande-Sullana y el segundo entre el cruce a la ciudad de Tambogrande (4°54'49"S y 80°20'9"W) y el Centro Poblado 14 (4°47'37"S y 80°17'26"W) con una longitud de 16 km, al cual se le denominó carretera Tambogrande-Las Lomas. El tercer transecto se ubicó sobre la carretera PE-1NR, en el tramo entre Tambogrande (4°55'51"S y 80°20'13"W) y el centro poblado de Malingas (4°57'10"S y 80°15'9"W) con una longitud de 12 km, al cual se le denominó carretera Tambogrande - Chulucanas. El cuarto transecto se ubicó en la carretera PE-1NU, en el tramo entre Tambogrande (4°55'51"S y 80°20'13"W) y el cruce 21 con la carretera PE-1NJ (5°8'40"S y 80°26'49"W), con una longitud de 28 km, al cual se le denominó carretera Tambogrande-Piura; cubriendo una longitud total de 100 km de carretera.

Las vías miden 10 m de ancho con dos carriles, presentan cobertura asfáltica, con una berma de 1.5 m de ancho a ambos lados, señalizados completamente incluyendo 21 badenes y 27 alcantarillas, de acuerdo a los diseños del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC 2017b). La vegetación circundante correspondió al Bosque Seco Ecuatorial, con especies como *Prosopis pallida* y *Colicodendron scabridum*, conformando un bosque seco ralo de llanura aluvial; además, se presentaron varios centros poblados y zonas de cultivo donde predominaron *Mangifera indica*, *Musa paradisiaca*, *Oryza sativa*, *Citrus limón* y *Vitis vinífera*, principalmente (MINAGRI 2008).

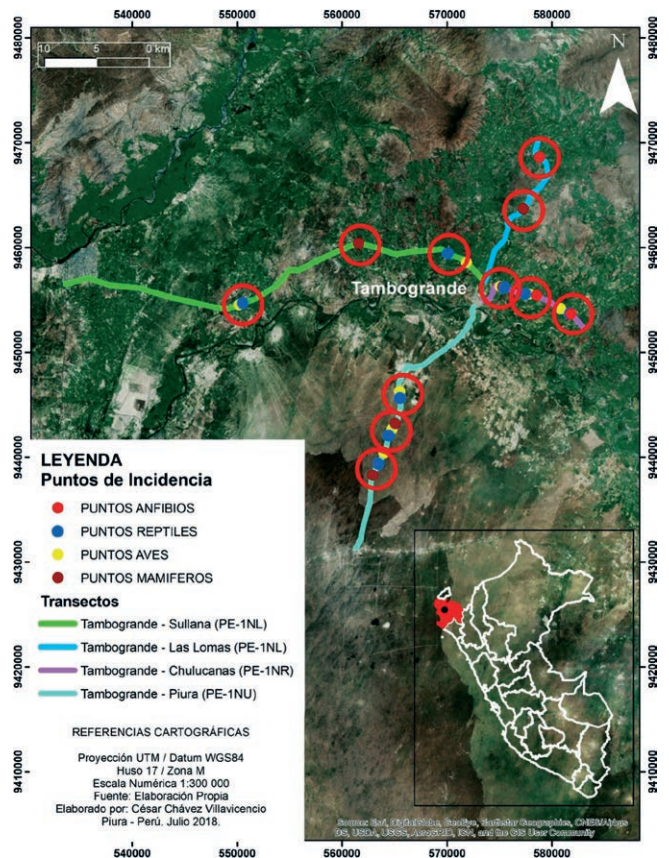


Figura 1: Puntos de alta incidencia de atropellos en los transectos evaluados. Los círculos rojos son los sitios recomendados para ubicar pasos de fauna y señalética preventiva sobre atropellos.

El clima de la zona es tropical y seco, con una temperatura promedio anual de 24.7 °C, en verano puede llegar hasta 40 °C cuando se presenta el evento El Niño; la época de lluvias ocurre entre enero y marzo, la humedad relativa promedio anual es de 66% y la presencia del río Piura divide al distrito en dos márgenes, izquierda y derecha.

Los datos se colectaron entre enero y junio de 2018 en 24 recorridos. Los recorridos en cada transecto se realizaron una vez por semana entre las 7:00 y 14:00 horas en diferentes días, es decir, el primer muestreo se inició un lunes, el segundo un martes y así sucesivamente (Castillo et al. 2015). Los recorridos se realizaron sobre una moto lineal a una velocidad de 25 km/h, con dos personas equipados con chalecos reflectantes como medida de seguridad para cumplir con la normativa legal vigente (MTC 2010). Cuando se ubicó un espécimen atropellado, se detuvo la moto con luces intermitentes encendidas, colocándose conos de seguridad a una distancia de cuatro metros y un arco reflectante a 50 m del atropello (MTC 2017b). Los datos registrados fueron fotografías, fecha, hora, kilómetro, coordenadas geográficas (Proyección UTM, Datum WGS84), clase taxonómica sexo, grupo etario, nombre científico y condición del individuo (Arnaldos et al. 2011).

Todos los individuos encontrados fueron retirados de la carretera a cinco metros del límite de la berma, para evitar dobles registros (Castillo et al. 2015). Los individuos con pesos menores a 500 g que no fueron determinados en campo, fueron inyectados con formol al 10% con una jeringa de 5 cc, se colocaron en bolsas con cremalleras y se rotularon. Si los individuos excedieron los 500 g, se colocaron en una bolsa grande rotulada dentro de una caja enfriadora con hielo (Castillo et al. 2015). En ambos casos, los restos se trasladaron al laboratorio de zoología de vertebrados de la Universidad Nacional de Piura para su posterior determinación. Los anfibios se determinaron siguiendo a Rodríguez et al. (1993) y Morales (1995). Los reptiles fueron determinados según Carrillo y Icochea. (1995), las aves se determinaron de acuerdo a Schulenberg et al. (2010) y Ugaz y Saldaña (2014), los mamíferos se determinaron siguiendo Emmons y Feer (1999).

La mortandad de vertebrados terrestres en los transectos se analizó usando el Índice Kilométrico de Abundancia (IKA) que es una medida de frecuencia que relaciona el número de atropellos con el número de kilómetros recorridos (Castillo et al. 2015).

$$IKA = N^{\circ} A / (N^{\circ} km * N^{\circ} R)$$

Dónde:

IKA: Índice kilométrico de Abundancia

N° A: Número de atropellos

N° km: Número de kilómetros recorridos

N° R: Número de veces recorridos.

Los sitios de mayor riesgo o alta incidencia de atropellos se determinaron con un análisis de densidad de

Kernel (Moreno 1991), que ajusta una superficie curva uniforme sobre cada punto (de atropello en este caso), donde el valor de superficie es más alto en la ubicación del punto y disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto y alcanza cero en la distancia denominada radio de búsqueda desde el punto (Silverman 1998). Los cálculos se elaboraron con el programa ArcGis 10.5 (ESRI 2002).

Resultados

Se hallaron 437 individuos atropellados pertenecientes a cuatro clases, 12 órdenes, 23 familias, 28 géneros y 29 especies. La clase Mammalia presentó el mayor número de atropellos (226 individuos), las especies con mayor mortandad fueron *L. sechurae* y *D. marsupialis*. La clase Aves registró 127 individuos atropellados, las especies con mayor mortandad fueron *C. sulcirostris*, *M. longicaudatus*. La clase Reptilia registró 69 individuos atropellados, la especie con mayor mortandad fue *C. flavipunctatus*. Finalmente, la clase Amphibia registró 15 individuos muertos por atropello. Los vertebrados silvestres atropellados fueron 400 que representan el 91.53 % del total, mientras que los vertebrados domésticos atropellados fueron 37 que constituye el 8.47% (Tabla 1).

Del total de atropellos registrados, 263 (60.18%) individuos fueron atropellados en zonas de cultivo, 147 (33.64%) individuos fueron atropellados en bosque seco ralo de llanura aluvial 16 (3.66%) individuos fueron atropellados cerca de acequias, siete (1.60%) individuos fueron atropellados cerca a centros poblados y cuatro (0.92%) individuos fueron atropellados cerca de pozos de agua (Tabla 2, Fig. 2).

El grupo etario con mayor número de atropellos fueron los adultos con 364 individuos atropellados (83.3%), seguido de 73 juveniles (16.7%). En cuanto al sexo, el 45.1% fueron hembras, 42.3% fueron machos y (12.6%) no identificados. La condición de los individuos muertos fue, frescos 54.2%, el 18.3% en condición de descomposición y 27.5% deshidratados o secos (Tabla 2).

De los cuatro transectos evaluados, el transecto 1 (Tambogrande-Sullana) obtuvo un IKA = 0.13 N° de atropellos/km. El transecto 2 (Tambogrande-Las Lomas) obtuvo un IKA 0.21 N° de atropellos/km. Transecto 3 (Tambogrande-Chulucanas) obtuvo un IKA = 0.24 N° de atropellos/km y el transecto 4 (Tambogrande-Piura) obtuvo un IKA= 0.22 N° de atropellos/km. El IKA promedio fue de 0.2 (IC 95% 0.1 – 0.3) N° de atropellos/km (Tabla 3).

El análisis de densidad de Kernel para los anfibios muertos por atropello en el transecto 2 (Tambogrande-Las Lomas) presentó tres puntos de alta incidencia en dos transectos. Los reptiles presentaron ocho puntos de incidencia en tres transectos. Las aves presentaron ocho puntos de incidencia en tres transectos. Los mamíferos presentaron cinco puntos de alta incidencia en cuatro transectos (Tabla 4, Fig. 1).

Tabla 1: Taxonomía, especies y total de individuos muertos por atropello registrados en el presente estudio entre enero-junio de 2018, Tambogrande, Perú.

Clase	Orden	Familia	Especie	N° de individuos	
Amphibia	Anura	Bufonidae	<i>Rhinella marina</i>	15	
		Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	17	
Reptilia	Squamata	Teiidae	<i>Callopistes flavipunctatus</i>	32	
			<i>Dicrodon guttulatum</i>	9	
		Boidae	<i>Boa constrictor ortonii</i>	9	
		Elapidae	<i>Micrurus tschudii</i>	2	
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	1	
			<i>Zenaida auriculata</i>	1	
	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida meloda</i>	10	
			<i>Leptotila verreauxi</i>	1	
	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	37	
	Strigiformes	Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	15	
			<i>Glaucidium peruanum</i>	1	
	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia amazilia</i>	1	
	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Forpus coelestis</i>	3	
			Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	9
Troglodytidae			<i>Campylorhynchus fasciatus</i>	4	
Passeriformes			Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	36
			Poliopitidae	<i>Poliopitila plumbea</i>	1
			Thraupidae	<i>Piezorhina cinerea</i>	3
Icteridae			<i>Dives warszewiczi</i>	4	
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	65		
		Rodentia	Sciuridae	<i>Simosciurus neboxii</i>	5
		Muridae	<i>Rattus norvegicus</i>	2	
Mammalia	Carnivora	Canidae	<i>Canis lupus familiaris</i>	28	
			<i>Lycalopex sechurae</i>	107	
		Felidae	<i>Felis catus</i>	9	
			<i>Leopardus colocolo</i>	1	
			Mustelidae	<i>Conepatus semistriatus</i>	9
TOTAL	12	23	29	437	

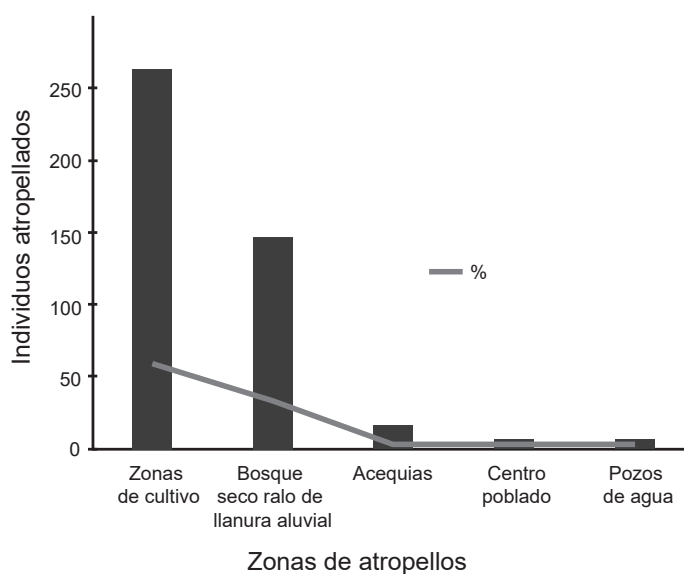


Figura 2: Frecuencia de atropellos en relación a las zonas del entorno de la carretera. Enero-junio de 2018, Tambogrande, Perú.

Tabla 2: Especie, número de individuos por grupo etario, sexo, condición, zona de atropello y porcentaje de vertebrados atropellados en los transectos evaluados, entre enero-junio de 2018, Tambogrande, Perú. A: Adulto, J: Juvenil, M: Macho, H: Hembra, NI: No identificado, F: Fresco, ED: En descomposición, D: Deshidratado, ZC: Zona de cultivo, A: Acequia, PA: Pozo de agua, BSA: Bosque seco ralo de llanura aluvial, CP: Centro poblado.

Especie	Grupo etario		Sexo			Condición del individuo				Zona de atropello			
	A	J	M	H	NI	F	ED	D	ZC	A	PA	BSA	CP
<i>Rhinella marina</i>	15	0	5	3	7	7	1	7	3	9	2	1	0
<i>Iguana iguana</i>	12	5	6	11	0	15	0	2	16	0	0	1	0
<i>Callopistes flavipunctatus</i>	26	6	10	17	5	23	2	7	16	0	0	16	0
<i>Dicrodon guttulatum</i>	4	5	5	4	0	8	0	1	3	0	0	6	0
<i>Boa constrictor ortonii</i>	8	1	7	2	0	4	3	2	8	1	0	0	0
<i>Micrurus tschudii</i>	2	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0
<i>Ardea alba</i>	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Zenaida auriculata</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Zenaida meloda</i>	10	0	3	5	2	7	0	3	10	0	0	0	0
<i>Leptotila verreauxi</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	37	0	17	16	4	29	0	8	35	0	0	2	0
<i>Athene cunicularia</i>	15	0	1	10	4	10	1	4	11	0	0	4	0
<i>Glaucidium peruanum</i>	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Amazilia amazilia</i>	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Forpus coelestis</i>	3	0	2	1	0	3	0	0	1	0	0	2	0
<i>Furnarius leucopus</i>	9	0	3	6	0	9	0	0	8	0	0	1	0
<i>Campylorhynchus fasciatus</i>	3	1	0	2	2	2	0	2	4	0	0	0	0
<i>Mimus longicaudatus</i>	33	3	15	17	4	29	0	7	24	0	0	12	0
<i>Polioptila plumbea</i>	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Piezorhina cinerea</i>	3	0	1	2	0	3	0	0	0	0	0	3	0
<i>Dives warszewiczi</i>	4	0	3	0	1	3	0	1	4	0	0	0	0
<i>Didelphis marsupialis</i>	58	7	27	35	3	29	18	18	60	5	0	0	0
<i>Simosciurus neboxii</i>	5	0	4	1	0	4	1	0	5	0	0	0	0
<i>Rattus norvegicus</i>	2	0	0	0	2	1	0	1	2	0	0	0	0
<i>Canis lupus familiaris</i>	28	0	16	12	0	8	16	4	17	0	0	5	6
<i>Lycalopex sechurae</i>	70	37	49	43	15	29	32	46	19	0	1	87	0
<i>Felis catus</i>	7	2	5	3	1	4	3	2	7	0	0	1	1
<i>Leopardus colocolo</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Conepatus semistriatus</i>	5	4	5	2	2	3	3	3	5	1	0	3	0
TOTAL	364	73	185	197	55	237	80	120	263	16	4	147	7
PORCENTAJE	83.30%	16.70%	42.33%	45.08%	12.59%	54.23%	18.31%	27.46%	60.18%	3.66%	0.92%	33.64%	1.60%

Tabla 3. Índice kilométrico de Abundancia (IKA) por transectos y promedio con intervalo de confianza al 95%: Promedio (IC 95%). Estudio de la mortandad de vertebrados por atropellos en Tambogrande, Perú, entre enero-junio de 2018.

Transecto	Longitud (km)	N° de atropellos	Distancia Recorrida (km)	IKA (N°atropellos/km)
1 Carretera Tambogrande - Sullana	44	141	1056	0.13
2 Carretera Tambogrande - Las Lomas	16	82	384	0.21
3 Carretera Tambogrande - Chulucanas	12	69	288	0.24
4 Carretera Tambogrande - Piura	28	145	672	0.22
TOTAL	100	437	2400	Promedio= 0.2 (IC95% 0.1 – 0.3)

Tabla 4. Coordenadas de los puntos de alta incidencia de atropellos en los transectos evaluados de las carreteras PE-1NL, PE-1NR y PE-1NU y propuesta de mitigación. (Proyección UTM. Datum WGS84. Huso 17M). Estudio de la mortandad de vertebrados por atropellos en Tambogrande, Perú, entre enero-junio de 2018.

Grupo Taxonómico	Transecto/Punto	X	Y	Mitigación
ANFIBIOS	2/1	9468634	578814	
	3/1	9455428	578551	
	3/2	9453639	581790	
	1/1	9454686	550550	
	1/2	9459449	570101	
REPTILES	3/1	9456199	575468	Paso de fauna y señalética
	3/2	9455586	577478	
	3/3	9453694	581709	
	4/1	9445657	565531	
	4/2	9442053	564464	
	4/3	9439386	563467	
AVES	1/1	9454509	550173	
	1/2	9458563	571846	
	3/1	9456270	575083	
	3/2	9455530	577878	Señalética
	3/3	9454169	580834	
	4/1	9446275	565471	
	4/2	9442638	564747	
4/3	9440384	563975		
MAMÍFEROS	1/1	9460394	561567	
	2/1	9463694	577259	
	3/1	9456203	575301	Paso de fauna y señalética
	4/1	9443206	565063	
	4/2	9438270	562907	

Discusión

Dado que este estudio no cuenta con antecedentes en el Perú, difícilmente se puede conocer la pérdida de diversidad en los transectos evaluados en las tres carreteras que confluyen en la ciudad de Tambogrande en relación a otras carreteras del país. Se sabe que el número de atropellos de fauna está relacionado a factores asociados con la infraestructura de la carretera, el tránsito vehicular, el tipo de vehículos que circulan en la vía, el comportamiento de las especies y el ecosistema adyacente a la carretera (Mendoza & Marcos 2016). Como este estudio no consideró factores como el tránsito vehicular, el tipo de vehículos que circulan, el comportamiento de las especies ni la diferencia entre las longitudes de los transectos, se puede afirmar que el mayor índice de atropellos de fauna del transecto 3 Tambogrande-Chulucanas está relacionado con el ecosistema circundante (predominantemente campos de cultivo formado por árboles frutales) dado que el ancho de las carreteras fue igual en todos los transectos, así como la presencia de cobertura asfáltica.

En un estudio similar desarrollado en el estado Portuguesa (Venezuela), que comprendió 80 km de carre-

teras, en 26 recorridos realizados, encontraron 464 individuos atropellados de los cuales 268 fueron reptiles (18 especies), 130 mamíferos (15 especies) y 66 aves (25 especies) (Seijas et al. 2013). Comparado con nuestro trabajo, que se hizo en 24 recorridos y 100 km de carreteras en Tambogrande, la mortandad en Portuguesa, fue mayor en cada grupo taxonómico. Sin embargo, en la región de Coquimbo en Chile, después de nueve años de estudio, en un sector de 11 km de carretera, se registró 137 individuos atropellados de los cuales una especie fue anfibio, tres especies fueron reptiles, 18 especies fueron aves y nueve especies fueron mamíferos (Saavedra et al. 2018). En los tres estudios hay diferencias en las longitudes de carreteras evaluadas, en la estructura de la carretera (ancho, bermas laterales, presencia – ausencia de pasos de fauna y ecosistema circundante), lo que no permite realizar comparaciones apropiadas. Sin embargo, la constante que se puede verificar es que siempre hay fauna que resulta afectada sin importar los factores mencionados, lo que no significa que no es importante tomarlos en consideración en este tipo de estudios (Ben-nett 2003, Andrews et al. 2015, Kušta et al. 2017).

Es innegable que las carreteras causan un impacto negativo sobre la fauna y el entorno en el que se construyen (Spellerberg 1998, Trombulak y Frissell 2000, Arroyave et al. 2006, Benítez-López et al. 2010), los resultados de nuestro estudio contribuyen a corroborarlo. Sin embargo, es importante, una vez identificado el impacto y los sitios de alta incidencia, dar el siguiente paso, es decir, evitar, mitigar o compensar el daño como sugirieron Spellerberg (1998), Arroyave et al. (2006), Benítez-López et al. (2010). Una forma ampliamente estudiada para evitar y mitigar el impacto de las carreteras sobre la fauna son los llamados pasos de fauna (Clevenger y Ford 2010, Van der Ree et al. 2015).

Es recomendable, antes de construir una carretera, realizar un estudio experimental que permita establecer los sitios de alta incidencia y colocar las estructuras de cruce o pasos de fauna (Rytwinski et al 2015). Sin embargo, en carreteras ya construidas, como en el caso del presente estudio, se recomienda una vez ubicados los puntos de alta incidencia, trabajar en mitigar el impacto construyendo pasos de fauna acompañados de señalética dirigida a los conductores para reducir la mortandad de fauna, incluso, evitar accidentes de los mismos usuarios de estas carreteras. Los transectos evaluados presentaron 24 sitios de alta incidencia cercanos entre sí, agrupándolos por su cercanía, se propone construir 11 pasos de fauna para anfibios, reptiles y mamíferos (Tabla 4. Fig. 1, círculos rojos), los cuales deben ser complementados con señalética invitando a los conductores a reducir la velocidad para evitar la muerte de las aves. El diseño de los pasos de fauna debe seguir estándares probados como los que recomienda Clevenger y Ford (2010), Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (2015), Rytwinski et al. (2015).

Literatura citada

- Andrews Km, Nanjappa P, Riley SPD. 2015. Roads and Ecological Infrastructure Concepts and Applications for Small Animals. Johns Hopkins University Press. United States. 281 pp.
- Arévalo EJ, Newhard K. 2011. Traffic noise affects forest bird species in a protected tropical forest. *Journal of Tropical Biology*, 969-980.
- Arnaldos MI, Garcia M, Presa J. 2011. Sucesión faunística sarcosaprófaga. Murcia: Universidad de Murcia.
- Arroyave M, Gómez C, Gutiérrez M, Múnera D, et al. 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA Escuela de ingeniería de Antioquia* 5: 45-57. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v19n2/v19n2a12.pdf>
- Benítez-López A, Alkemade R, Verweij PA. 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis. *Biological Conservation*. 143, 1307-1316. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.009>
- Bennett AF. 2003. Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xiv + 254 pp. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/fr-021.pdf>
- Castillo JC, Urmendez D, Zambrano G. 2015. Mortandad de fauna por atropello vehicular en un sector de la via panamericana entre Popayán y Patía. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas* 207-219. <http://dx.doi.org/10.17151/bccm.2015.19.2.12>
- Carrillo N, Icochea J. 1995. Lista Taxonómica Preliminar de los Reptiles Vivientes del Perú. Public. del Museo de Hist. Natural (UNMSM) Serie A, Zoología, 49: 1-27.
- Clevenger AP, Ford AT. 2010. Wildlife crossing structures, fencing, and other highway design considerations. In: Beckmann JP, Clevenger AP, Huijser MP, Hilty JA. (Eds.), *Safe Passage: Highways, Wildlife, and Habitat Connectivity*. Island Press, Washington, pp. 17-49.
- Delgado CA. 2007. Muerte de mamíferos por vehículos en la via del Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia. *Actuallidades Biológicas* 29(87):229-233.
- Delgado CA. 2014. Adiciones al atropellamiento vehicular de mamíferos en la via de el Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia. *Revista EIA, Universidad EIA*, 11(22):147-153. <https://doi.org/10.24050/reia.v11i22.679>
- Emmons L, Feer F. 1999. Mamíferos de los bosques húmedos de América tropical: una guía de campo. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Editorial Fundacion Amigos de la Naturaleza. 298 p
- ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.). 2002. Arc View Gis, versión 3.3. Nueva Delhi, India
- Gottdenker N, Wallace RB, Gómez H. 2001. La importancia de los atropellos para la ecología y conservación: *Dinomys branickii* un ejemplo de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 35, 61-67.
- Kušta T, Keken Z, Ježek M, Holá M, Šmíd P. 2017. The effect of traffic intensity and animal activity on probability of ungulate-vehicle collisions in the Czech Republic. *Safety Science*, 91, 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.002>
- Mendoza JF, Marcos OA. 2016. Observatorio de movilidad y mortandad de fauna en carreteras en México. *Publicación Técnica No. 454 Sanfandila, Qro. Instituto Mexicano del Transporte. Estados Unidos Mexicanos*.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2008. Plan Estratégico del Sector Agrario Región Piura 2008 - 2012. Perú
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones). 2010. Reglamento nacional de tránsito. Decreto Supremo que modifica el Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito. (D.S. N° 026 - 2010 - MTC). Perú.
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones). 2017a. Mapa Vial Piura. Sistema Nacional de Carreteras. Clasificador de Rutas (D.S. N° 011-2016-MTC). Perú.
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones). 2017b. Reglamento Nacional de Tránsito. Código de tránsito (D.S. N° 025 - 2017). Perú.
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. 2015. Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales (segunda edición, revisada y ampliada). Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transportes, número 1. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. España. 139 pp.

- Morales VR. 1995. Checklist and taxonomic bibliography of the Amphibians from Peru. *Smithsonian Herpetological Information Service* 107:1-20. <https://doi.org/10.5479/si.23317515.107.1>
- Moreno A. 1991. Modelización cartografica de densidad mediante estimadores Kernel. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia* 30 (1991): 155-170. <http://hdl.handle.net/10486/668528>
- Puc J, Delgado C, Mendoza E, et al. 2013. Las carreteras como una fuente de mortandad de fauna silvestre en Mexico. *Mexico, CONABIO: Biodiversitas*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv111art3.pdf>
- Rodríguez L, Córdova JH, Icochea J. 1993. Lista preliminar de los anfibios del Perú. *Public. del Museo de Hist. Natural (UNMSM) Serie A Zoología*. 45:1-22.
- Rosell C, Álvarez G, Cahill C, et al. 2002. COST 341. La fragmentación del hábitad en relacion con las infraestructuras de transporte en España. Madrid: Ministerio del Ambiente
- Rytwinski T, Van der Ree R, Cunningham GM, Fahrig L, Findlay CS, Houlahan J, et al. 2015. Experimental study designs to improve the evaluation of road mitigation measures for wildlife. *Journal of Environmental Management*, 154:48-64. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.048>
- Saavedra B, Povea P, Lobos C, et al. 2018. Atropellos de fauna en la ruta D-705, sector: Illapel-Aucó-Los Pozos (Coquimbo, Chile), incluyendo la Reserva Nacional Las Chinchillas. *Chile. Biodiversidad* 6:22-25.
- Schulenberg T, Stotz D, Lane D, et al. 2010. *Birds of Perú*. New Jersey. Princeton. University Press.
- Seijas A, Araujo A, Velásquez N. 2013. Mortandad de vertebrados en la carretera-Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela. *Revista Biologica Tropical* 61(4): 1622-1626. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i4.12803>
- Spellerberg I. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology & Biogeography Letters*. 7(5):317-333. doi:10.1046/j.1466-822x.1998.00308.x.
- Silverman BW. 1998. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. New York Chapman and Hall.
- Trombulak S, Frissell C. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*:14(1): 18-30.
- Ugaz AF, Saldaña IS. 2014. *Aves de Piura*. Chiclayo: Emdecose S.A.
- van der Ree R, Smith DJ, Grilo C. 2015. *Handbook of Road Ecology*. Wiley-Blackwell; Oxford, p. 552.

Agradecimientos / Acknowledgments:

Julio Joel Cortez Tello por su apoyo en el analisis de resultados. Renzo Ojeda Juárez, Kenlly Villegas Sandoval, Henser Verona La Rosa y Edinson Yarlequé Vilchez por su colaboracion en el trabajo de campo.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Los autores no incurrir en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

FYS, AFUC: Realizaron el diseño experimental, analizaron los datos, redactaron y aprobaron el manuscrito; CC-V: Analizó los datos, redactó y aprobó el manuscrito.

Fuentes de financiamiento / Funding:

Los autores declaran no haber recibido un fondo específico para la investigación.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

Los autores declaran no haber incurrido en alguna violación de tipo ético o legal.